

Propuesta de elaboración de un plan de vigilancia para la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la cuenca del río Itata, Región del Biobío.

Proposed development of a monitoring plan for the Environmental Quality Standard for High River Basin Itata, Biobío Region.

Katerine Pozo

Profesional Independiente, e-mail: katerinepozo@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se elaboró una propuesta de plan de vigilancia, para la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la cuenca del río Itata, la cual incorpora a la normativa nacional de recursos hídricos el ámbito ecológico. Utilizando la información disponible en la base de datos de CONAMA Biobío y DGA se realizó un análisis espacial de la red de monitoreo DGA emplazada en la cuenca mediante el software ArcGis 9.2, y el respectivo análisis estadístico mediante ACP. Además de la integración de índices biológicos en la evaluación de calidad de agua, los cuales son; índices bióticos ChIBF y ChSIGNAL dado que han sido aplicados en trabajos realizados a ríos de la cuenca y ríos de las mismas características biogeográficas. Los índices de calidad de bosque de ribera (QBR) y hábitat fluvial (IHF), dado que un buen estado del entorno natural incide de manera decisiva en la calidad ecológica del cauce en términos de calidad de agua y biota asociada. Buscando introducir la bioindicación en la evaluación de calidad de agua, con el fin de proteger y conservar el componente ambiental del recurso hídrico, el cual es el objetivo de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental.

Palabras claves: Norma secundaria, plan de vigilancia, bioindicacion, calidad de agua.

Abstract

This work was developed proposed monitoring plan for High Quality Standard Environmental Itata River basin, which incorporates the rules the national water ecological environment. Using information available in the database and DGA is Biobío CONAMA conducted a spatial analysis of the monitoring network located in the DGA basin using the software ArcGIS 9.2, and the respective analysis a multivariate statistical, which is represented in the upper, middle and low. Besides the

integration of biological indices in assessing water quality, which are; ChSIGNAL ChIBF and biotic indices as they have been applied work at a river basin and rivers of the same biogeographic characteristics. The quality indices of forest bank (CBR) and riverine (IHF) as a good state of natural environment a decisive impact on the ecological quality of channel in terms of water quality and associated biota. Searching bioindication enter in the assessment of water quality, with To protect and conserve the environmental component of water resources which is the objective of the High Standard of Environmental Quality.

Keywords: secondary standard, monitoring, bioindication, water quality.

Introducción

Los ecosistemas fluviales han sido empleados desde hace varios años por el hombre como fuente de recursos y como vía para la eliminación de residuos, lo cual ha producido una degradación histórica de estos ecosistemas. Numerosas son las causas de degradación de la calidad del agua y de las comunidades biológicas que habitan en ella, tales como la contaminación por materia orgánica y el enriquecimiento en nutrientes, la eliminación o degradación del bosque de ribera, la rectificación y canalización de ríos, la regulación de cauces, la presencia de contaminantes inorgánicos y orgánicos persistentes (Alonso, 2005).

Como complemento a estos procedimientos desde hace varios años muchos países han generado conocimiento y desarrollo de técnicas de biomonitorio basado en indicadores biológicos, a través de la evaluación de reacciones metabólicas e índices de sensibilidad de organismos vivos ante la presencia de sustancias contaminantes o disruptoras de los sistemas acuáticos (Toro *et al.* 2003). Se entiende como indicador biológico, o bioindicador, un organismo o grupo de organismos cuya simple presencia en el medio analizado aporta información de sus características y estado de salud.

En la vigilancia y control de la contaminación, en base a organismos como bioindicadores, existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, macrófitos, macro-invertebrados y peces (Alba-Tercedor, 1996).

A los grupos de invertebrados se les asigna un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación. La variedad de rangos de tolerancia a las perturbaciones ambientales, significa que ante una alteración hay especies muy sensibles que pueden desaparecer o reducir su abundancia, mientras que otras especies más tolerantes a esta misma perturbación, pueden incrementar sus densidades. Esta propiedad ha permitido el desarrollo de los denominados índices

bióticos basados en la tolerancia de los diferentes taxones de macroinvertebrados a la contaminación o a las perturbaciones humanas (Alonso & Camargo, 2005).

La integridad funcional de una cuenca o microcuenca depende en gran medida de la interrelación de sus componentes biofísicos y socioeconómicos, bajo esta perspectiva, las condiciones ecológicas de los arroyos y ríos reflejan muchos de los procesos de alteración que afectan a la integridad funcional.

Según Baron *et al.* (2003) en los sistemas ribereños, el movimiento de sedimentos y la afluencia de la materia orgánica son componentes importantes de la estructura del hábitat y de su dinámica. Las entradas naturales de materia orgánica incluyen el escurrimiento superficial estacional y restos vegetales tales como hojas y material vegetal senescente de las comunidades terrestres de la cuenca. Especialmente en ríos pequeños y arroyos, el aporte de materia orgánica desde la superficie terrestre es una fuente particularmente importante de energía y nutrientes, y los troncos de árboles y otros materiales leñosos que caen al agua proporcionan sustratos.

Las condiciones nutricionales y químicas naturales del agua son reflejo del clima local, del lecho rocoso, del suelo, del tipo de vegetación y de la topografía. Las condiciones naturales de agua pueden ir desde claras, pobres en nutrientes, en ríos y lagos sobre lechos rocosos cristalinos, hasta mucho más enriquecidas químicamente, productoras de algas, en aguas de cuencas de captación con suelos ricos en materia orgánica o sustratos de caliza. Esta diversidad regional natural de las cuencas de agua, a su vez, sustenta una alta biodiversidad (Baron *et al.* 2003)

En Chile las Normas relevantes en cuanto a calidad de las aguas son la Norma Chilena 1.333 sobre requisitos de calidad del agua para distintos usos y la Norma Chilena 409 calidad de agua potable, conjuntamente en los últimos años se han implementado una serie de procedimientos normativos con el objetivo de proteger la calidad de los recursos hídricos y sus usos asociados, establecido en la Ley de bases del medio ambiente N° 19.300, mediante una herramienta de gestión ambiental como las “Normas y estándares ambientales” en la cual se encuentra las Normas Secundarias de Calidad Ambiental” (NSCA).

Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de recursos hídricos, son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza. Esta norma se establece para la protección y mantenimiento de la calidad de las aguas

continentales, superficiales, subterráneas y marinas, y así poder salvaguardar las comunidades acuáticas, ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Para el estudio de las aguas continentales superficiales se utilizan redes de monitoreo, las que tienen por finalidad diagnosticar el estado de la calidad del agua superficial, conocer la dispersión y concentración de las sustancias químicas y el estado de la diversidad de la biota acuática.

Actualmente existe en la cuenca del río Itata una red de monitoreo de calidad de agua superficial administrada por la Dirección General de Agua (DGA), en los que se miden y analizan 35 parámetros nominales. Actualmente existen 11 estaciones DGA vigentes.

Para el control de las Normas Secundarias, con fines de desarrollo y fiscalización del cumplimiento se establece el monitoreo de la calidad del agua a través del programa de vigilancia ambiental.

El programa de vigilancia ambiental es el instrumento sobre el cual recae la responsabilidad de disponer de las medidas de control, seguimiento y verificación de cumplimiento de lo establecido en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental, esto es la evaluación de los objetivos establecidos en la norma, por tramo de vigilancia y por parámetro u otro que sea de consideración de incorporar en futuras modificaciones.

La incorporación de la variable biológica para el control de la Norma Secundaria, es una herramienta fundamental para lograr el objetivo propio de este tipo de norma, el cual es salvaguardar la integridad ecológica en el sistema a monitorear. Para este fin la medición de parámetros físico-químicos no es suficiente, dado que por sí solos éstos no reflejan el estado ecológico del área de vigilancia, condición que el monitoreo biológico pretende complementar en dicho programa de vigilancia, incrementando la certeza ecológica en el objetivo de protección del recurso ambiental, permitiendo además disponer de información objetiva sobre los objetivos propuestos en la Norma Secundaria, sirviendo como información base o referencial para la debida evaluación de los parámetros normados y los valores propuestos. El objetivo es elaborar una propuesta de plan de vigilancia para la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la cuenca hidrográfica del río Itata, región del Biobío, incorporando las asociaciones de la dimensión ecológica a la calidad físico-químico del agua.

Materiales y Métodos

Definición del área de estudio.

La cuenca del río Itata, se ubica entre los paralelos 36° 12' y 37° 16' de latitud sur, y entre los meridianos 71°00' y 73°10' de longitud oeste, formando parte de la región del Biobío. La cuenca

drena una superficie de aproximadamente 11.294 km², e incluye tres subcuencas: subcuenca del río Itata, del Ñuble y del Diguillín. El principal cauce de la cuenca es el río Itata, y su mayor tributario, el río Ñuble, quien le otorga la categoría de cuenca andina. El río Itata se origina de la confluencia los ríos Cholguán y Huépil. La cuenca del Río Itata se encuentra bajo la influencia de un bioclima mediterráneo y presenta al menos dos meses consecutivos del período estival con déficit hídrico. Esta cuenca presenta un régimen pluvial, con muy poca influencia nival, con la excepción de la parte alta del río Ñuble, que muestra un carácter mixto (DGA, 2004).

Procesamiento de la información.

Definida el área de estudio se procedió a la recopilación de documentos e informes, los que fueron facilitados por el Ministerio del Medio Ambiente, región del Biobío, e información recopilada en terreno, para constatar el estado actual de las respectivas áreas de vigilancia, la información recopilada fue sometida a un procesamiento y análisis de información (Figura 1).

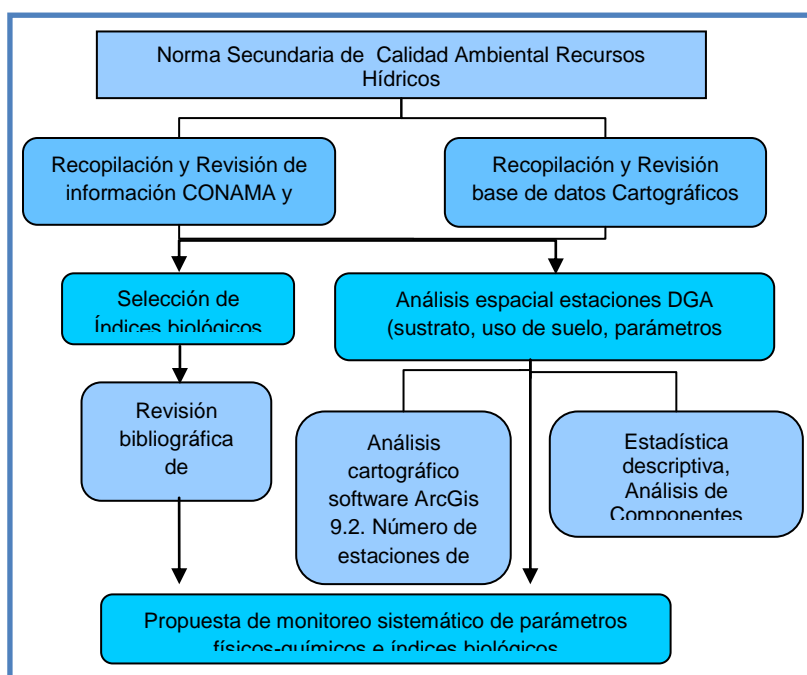


Figura 1. Flujo metodológico de procesamiento de información.

Resultados y Discusión

Análisis espacial de la red de monitoreo.

Para el análisis estadístico se elaboró una matriz de datos de las variables ambientales más importantes que inciden en la calidad de agua, los datos fueron extraídos mediante el análisis

espacial de cartografía base de las siguientes variables: Origen del sustrato, uso de suelo, uso industrial y urbano, parámetros físico-químicos por estación de monitoreo DGA.

Origen del sustrato de la cuenca del río Itata.

En la Figura 2, se puede observar los distintos tipos de sustratos de los cuales se compone la cuenca, los que predominan son: cenizas volcánicas recientes y litosoles Sur en la zona alta de la cuenca, rojos arcillosos y cenizas volcánicas predominan en la zona media de la cuenca, y granítico costa y sedimentos marinos en la zona baja de la cuenca.

Análisis de origen de sustrato por estación de monitoreo DGA.

En la Tabla 1, se presentan las estaciones de monitoreo y origen de sustrato asociado a las áreas de vigilancia. Al analizar las correlaciones entre las estaciones de monitoreo, considerando el origen del sustrato mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) presentado en la, Figura 3, se observan tres grupos: las estaciones E-8, E-20 y E-3 son estaciones que se encuentran en las zonas altas de la cuenca, cordón montañoso, en donde predominan las cenizas volcánicas recientes y litosoles Sur. E-5, E-19 y E-16 son estaciones que se encuentran en la zona media-alta de la cuenca en donde predominan las cenizas volcánicas y las estaciones E-22, E-24, E-7, E-14 y E-27 son estaciones que se encuentran en la zona media baja de la cuenca en donde predomina el granítico.

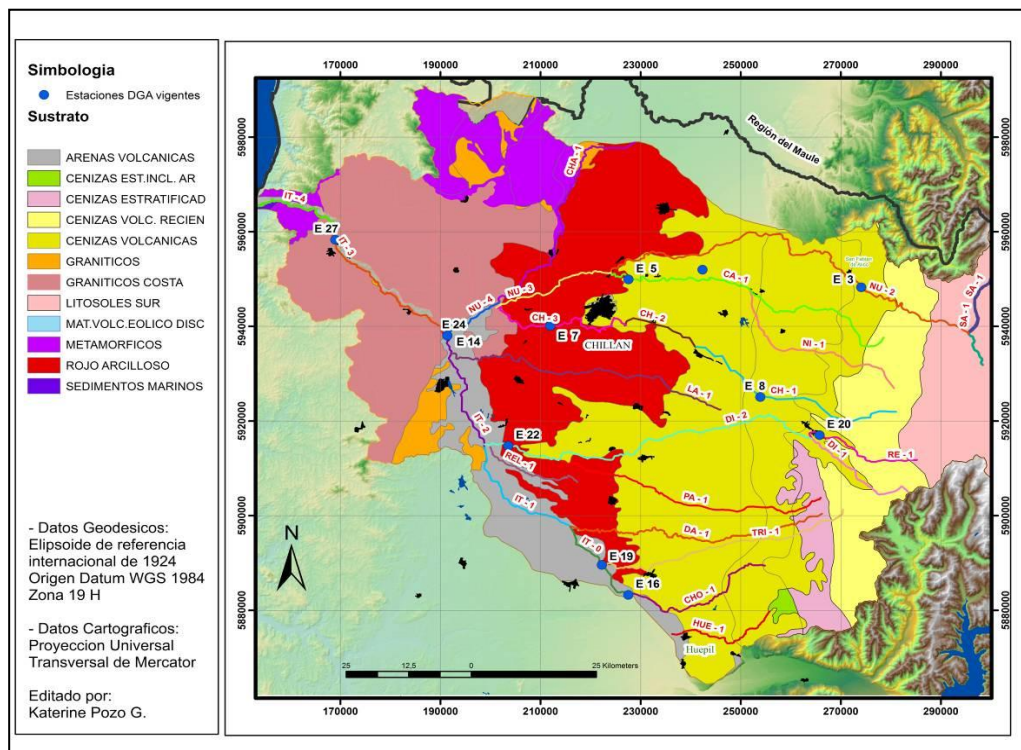


Figura 2. Carta origen del sustrato de la cuenca del río Itata, región del Biobío.

Tabla 1. Porcentaje origen del sustrato por estación de monitoreo, cuenca río Itata.

| | E-3 | E-5 | E-7 | E-8 | E-14 | E-16 | E-19 | E-20 | E-22 | E-24 | E-27 |
|-----------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Graníticos costa | | | 2,03 | | 10,76 | | | | | 12,64 | 94,46 |
| Metamórfico | | | | | 4,87 | | | | | | 0,69 |
| Arenas volcánicas | | | | | 2,82 | 6,19 | 7,74 | | 14,47 | 26,92 | 0,06 |
| Granítico | | | 52,56 | | 2,96 | | | | 2,05 | 5,88 | 0,24 |
| Cenizas volcánicas | 20,47 | 91,3 | 41,98 | 35,96 | 20,82 | 81,96 | 70,10 | 22,18 | 65,72 | 18,97 | |
| Rojo arcilloso | | 0,16 | | | 57,44 | | 10,42 | | 11,83 | 34,43 | |
| Cenizas estratificada | | | | | | 6,63 | 7,64 | 0,26 | 5,64 | 1,02 | |
| Cenizas volc. recién | 20,68 | 8,49 | | 63,31 | 0,34 | 1,01 | 4,10 | 56,89 | 0,29 | 0,13 | |
| Litsoles sur | 58,85 | | | 0,72 | | | | 20,66 | | | |

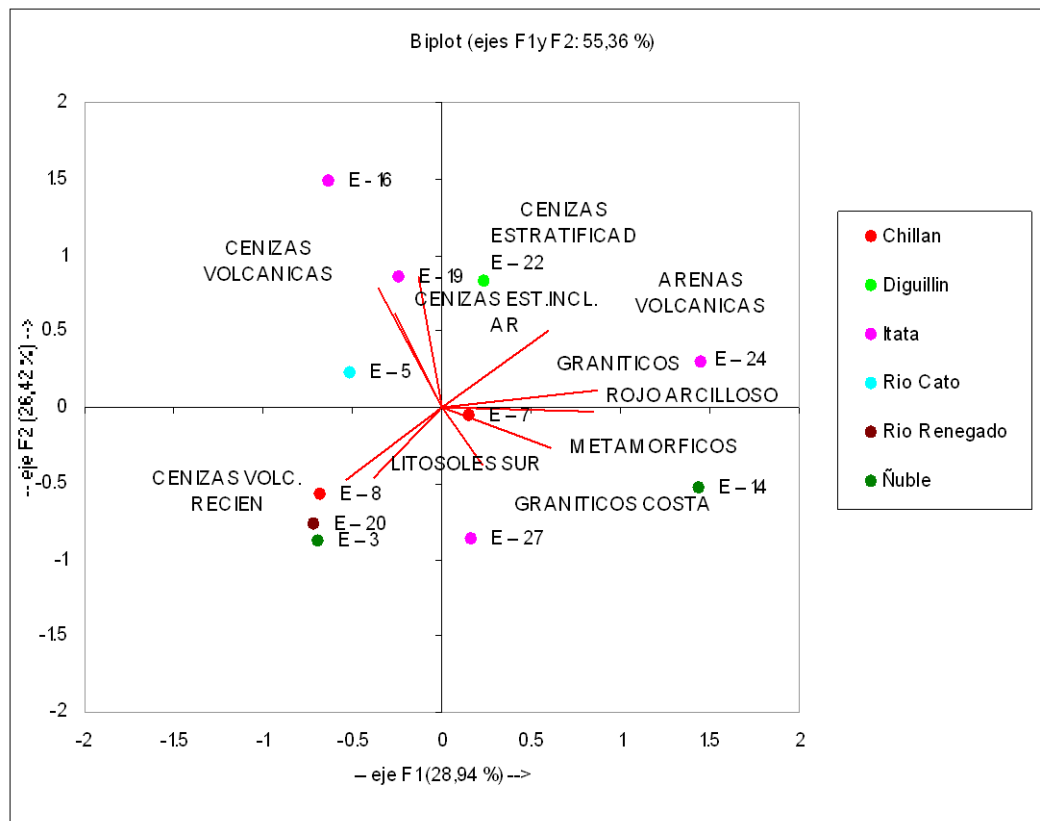


Figura 3. Análisis de Componentes Principales (ACP) origen del sustrato cuenca del río Itata.

Los sedimentos se originan de las propiedades geológicas de la cuenca en sus distintos tramos, así como de los suelos que se derivan de los productos de la meteorización de los diferentes tipos de rocas, siendo precisamente el caudal hídrico el principal agente de dicha meteorización. Los ríos no son otra cosa que corrientes de agua que han lavado durante millones de años un mismo sustrato, entrando a lo que se podría considerar como una especie de equilibrio dinámico con la geología. Es por lo tanto de suma importancia prestar atención, en primera instancia, al componente geológico de las cuencas, si se tiene en cuenta que debido a la estrecha interrelación agua-sedimento siempre se va a observar la presencia de los diferentes elementos químicos en sedimentos y su concentración será variable de acuerdo precisamente a las características geológicas de las zonas estudiadas (ideam & Cormagdalena, 2007).

Uso de suelo en la cuenca del río Itata

Las principales actividades económicas, Figura 4, corresponden a la agricultura y silvicultura. La agricultura destaca por su extensa superficie destinada a cultivos anuales, así como siembras de viñas y parronales en menor proporción, esta actividad comprende 1.279 Ha equivalentes al 1,2% de la superficie total. La superficie de la cuenca destinada a la actividad silvícola es de gran importancia dado que incluye una superficie extensa que abarca gran parte del territorio de la cuenca, 7.723 Ha que corresponden al 7,4% de la superficie total de la cuenca. Tanto en la Precordillera Andina como en el sector costero, la explotación se orienta hacia las plantaciones de bosques, siendo el *Pinus radiata* Don insigne la especie dominante. En el sector precordillerano, además, se desarrolla la ganadería bovina (EULA 2009).

Análisis de uso de suelo por estación de monitoreo DGA.

En la Tabla 2, se presentan las estaciones de monitoreo y usos de suelo asociadas a las áreas de vigilancia. Al analizar las correlaciones entre las estaciones de monitoreo, considerando los usos de suelo Figura 5 Se observan tres grupos en donde las estaciones E-8, E-20 y E-3 se encuentran en las zonas altas y en donde predomina el bosque nativo, zonas sin vegetación y nieves. Las estaciones E-24, E-7 y E-14 se encuentran en la zona media en donde predomina el uso agrícola y urbano industrial y las estaciones E-27, E-16, E-5 y E-19 se encuentran en la zona media-baja de la cuenca, en donde predominan las plantaciones forestales.

La agricultura es el principal consumidor de recursos hídricos, no obstante es al mismo tiempo causa y efecto de la contaminación de ellos. La contaminación de origen agrícola deriva, principalmente, del uso de plaguicidas, pesticidas, biocidas, fertilizantes y abonos, que son arrastrados por el agua de riego, llevando consigo sales compuestas de nitrógeno, fósforo, azufre y

trazas de elementos órganoclorados que pueden llegar al suelo por lixiviado y contaminar las aguas subterráneas. Es efecto, del uso de aguas residuales, aguas superficiales y subterráneas contaminadas. La agricultura es sólo una de las muchas causas que dan lugar a fuentes de contaminación difusa (proveniente de una gran área indefinida), pero, según el parecer general, es la más importante de todas ellas.

Tabla 2. Tabla porcentaje usos de suelo por estación de monitoreo, cuenca río Itata.

| | E - 3 | E - 5 | E - 7 | E - 8 | E - 14 | E - 16 | E - 19 | E - 20 | E - 22 | E - 24 | E - 27 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bosque nativo | 55,99 | 21,22 | 1,70 | 71,78 | 1,18 | 25,62 | 13,43 | 61,70 | 18,23 | 3,73 | 2,35 |
| Bosque nativo/plantación | | 0,13 | | | | 1,46 | | | 0,19 | 0,30 | 2,53 |
| Cuerpos de agua | 0,72 | 0,23 | 0,26 | 0,49 | 0,61 | 0,08 | 0,09 | 0,41 | 0,57 | 0,50 | 0,13 |
| Humedales | | | 0,09 | | 0,04 | | | | | 0,12 | |
| Matorrales y praderas | 6,57 | 1,96 | 6,03 | 1,31 | 21,83 | 10,08 | 8,88 | 6,39 | 4,14 | 17,92 | 9,42 |
| Nieves y glaciar | 11,07 | 1,19 | | 11,22 | | | | 18,71 | | | |
| Plantaciones Forestales | 4,85 | 33,72 | 10,97 | 9,67 | 6,93 | 26,03 | 12,20 | 2,99 | 13,51 | 26,11 | 42,33 |
| Sin vegetación | 16,69 | 1,73 | 0,24 | 3,00 | 1,09 | | | 5,76 | | 0,10 | 3,33 |
| Urbano e Indus. | 0,03 | 0,38 | 3,79 | | 0,48 | 0,36 | 0,71 | 0,37 | 0,33 | 0,36 | 0,52 |
| Agrícola | 4,08 | 39,44 | 76,93 | 2,53 | 67,84 | 36,39 | 64,69 | 3,68 | 63,03 | 50,87 | 39,40 |

En la Figura 6, se pueden observar proyectos industriales e instalaciones sanitarias que se encuentran georreferenciadas, presentes en la cuenca del río Itata.

La mayor parte de los usuarios industriales utilizan el sistema de alcantarillado de ESSBIO S.A., este sistema de descarga esta normado por el D.S. Nº 609 del año 1998, Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado (EULA, 2008).

La cuenca del río Itata posee una población urbana total estimada de aproximadamente 277.252 habitantes al año 2001, según antecedentes de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Del total de población urbana presente en la cuenca, el 99,5% posee servicios de cobertura de agua potable y un 88,7% cobertura de alcantarillado. La empresa sanitaria que proporciona estos servicios, corresponde a Empresa de Servicios Sanitarios del Biobío, ESSBIO S.A. con un total de 81 instalaciones sanitarias (EULA 2008).

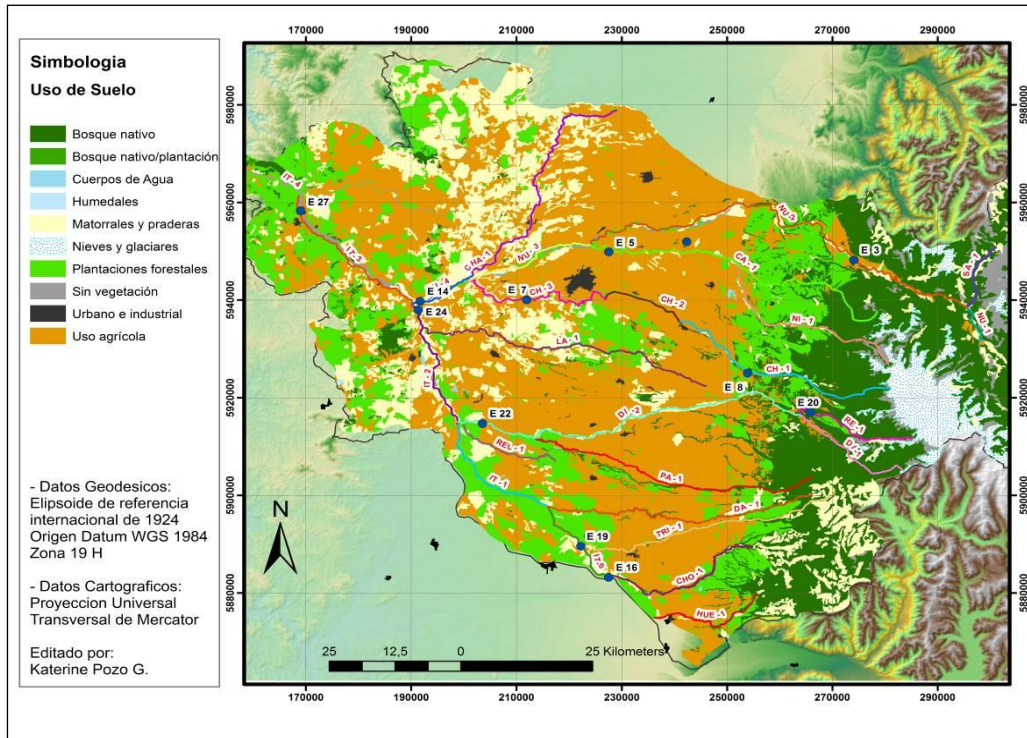


Figura 4. Carta usos de suelo en la cuenca del río Itata.

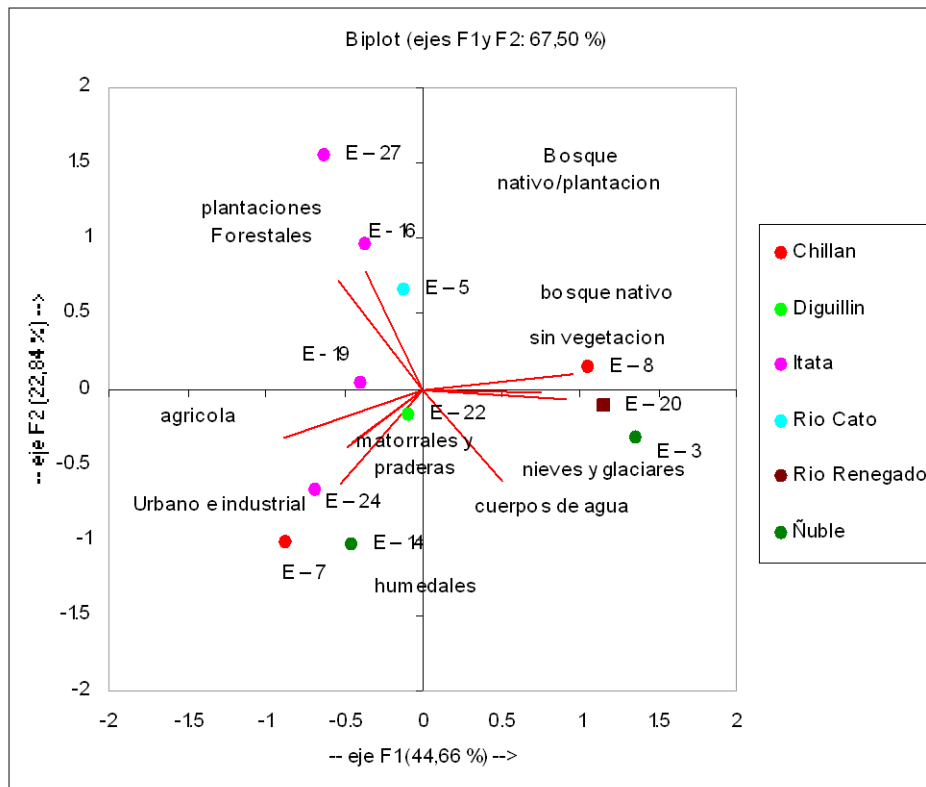
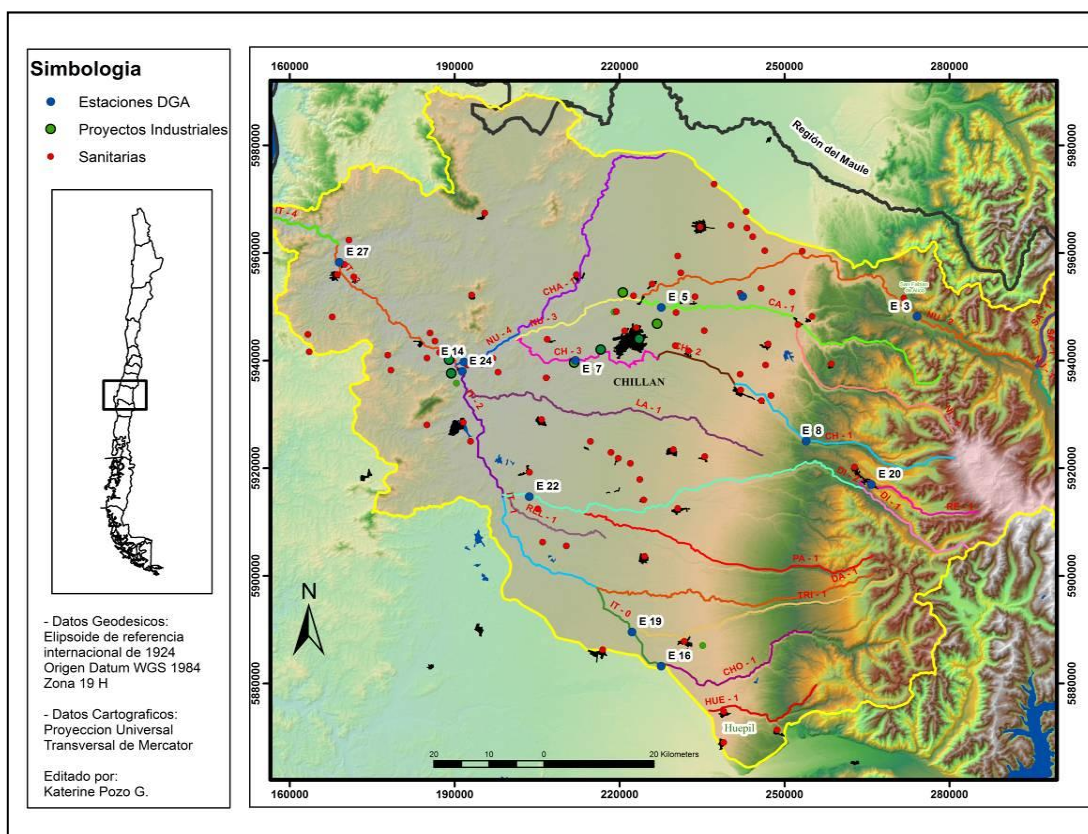


Figura 5: Análisis de Componentes Principales (ACP) uso de suelo de la cuenca del río Itata.

Uso industrial y urbano, parámetros físico-químicos.



Análisis de parámetros físico-químicos por estación de monitoreo.

En la Tabla 3, se presentan los niveles de parámetros físico-químicos, en general se puede observar que las estaciones, según las referencias de la Guía para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas, presentan una “clase de excepción: indica agua que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental de la República.” a “clase 1: muy buena calidad, indica un agua adecuada para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto, para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, para bebida de animales y para riego restringido”, cabe señalar que el aluminio se presenta en altas concentraciones en toda las estaciones de monitoreo, dada la condición geológica de la cuenca y del país.

En el Análisis de Componentes Principales (ACP), Figura 7, de las estaciones de monitoreo asociado a los parámetros físico-químicos se puede observar que las estaciones que presentan una mayor correlación con los parámetros físico-químicos son las estaciones E-24, E-27, E-14 y E-7 las que están ubicadas en la zonas media baja de la cuenca, río Itata y río Chillán. Le sigue las estaciones E-20 y E-8 que son estaciones que se ubican en la zona media alta de la cuenca. La estación E-20 que pertenece al río Renegado, se encuentra en la zona alta, cordón montañoso, este río presenta una alta intervención antrópica ya que se encuentran cercano a las áreas de actividad turística asociada al volcán Chillán, con sus centros invernales y parcelas recreativas en verano. Por el contrario las estaciones que se relacionan a una mayor cantidad de oxígeno disuelto son las estaciones E-22 zona baja del río Diguillín, E-3 zona alta del río Ñuble, E-5 zona media río Cato. Las estaciones E-19 y E-16 río Itata son estaciones que se encuentran en la parte media alta del río Itata que al igual que las estaciones anteriores presentan una mayor oxigenación presente en el agua.

Tabla 3. Parámetros físicos y químicos de los sitios considerados en el presente trabajo.

| Parámetros | E - 3 | E - 5 | E - 7 | E - 8 | E -14 | E -16 | E -19 | E - 20 | E - 24 | E-22 | E- 27 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Aluminio (mg/l) | 0,3 | 0,3 | 0,34 | 0,2 | 0,3 | 0,35 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,4 |
| Bicarbonat (mg/l) | 32,3 | 46,6 | 50,65 | 37,8 | 54,11 | 30,5 | 31,1 | 53,7 | 58 | 43,28 | 59,36 |
| Calcio (mg/l) | 6,81 | 8,1 | 7,35 | 6,1 | 9,8 | 5,71 | 5,2 | 7,87 | 7,98 | 6,5 | 9,02 |
| Cloruro (mg/l) | 4,1 | 3,9 | 9,89 | 6,38 | 5,2 | 2,84 | 2,84 | 10,3 | 5 | 5,67 | 4,98 |
| Conductividad (mhos/cm) | 63 | 83,8 | 96,05 | 102 | 75 | 61 | 60 | 140 | 106 | 83 | 106,5 |
| DBO (mg/l) | 17 | 21 | 26 | 16,07 | 21,02 | 23,5 | 22,92 | 11 | 26 | 21,98 | 21,5 |
| Fierro (mg/l) | 0,09 | 0,18 | 0,33 | 0,05 | 0,14 | 0,2 | 0,22 | 0,05 | 0,25 | 0,18 | 0,2 |
| Fósforo (mg/l) | 0,05 | 0,03 | 0,17 | 0,04 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,07 |
| Magnesio (mg/l) | 1,73 | 2,8 | 4,8 | 3,65 | 3,4 | 1,9 | 2 | 3,25 | 4,4 | 2,7 | 3,85 |
| Manganeso (mg/l) | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,04 |
| Nitrito (mg/l) | 0,03 | 0,4 | 0,75 | 0,04 | 0,17 | 0,11 | 0,13 | 0,04 | 0,14 | 0,15 | 0,16 |
| Oxígeno D (mg/l) | 9,4 | 10 | 9,63 | 9,7 | 9,64 | 10 | 9,4 | 9,72 | 9,8 | 10,01 | 8,9 |
| pH | 7,1 | 7,28 | 7,2 | 7,16 | 7,62 | 7,18 | 7,01 | 7,3 | 7,25 | 7,15 | 7,45 |
| Potasio (mg/l) | 0,78 | 1,5 | 2,66 | 1,66 | 1,8 | 0,8 | 0,9 | 2,73 | 1,8 | 1,56 | 1,96 |
| Razón de Absorción | 0,39 | 0,42 | 1,33 | 0,71 | 0,54 | 0,34 | 0,36 | 0,93 | 0,5 | 0,6 | 0,49 |
| Sodio (mg/l) | 3,7 | 5,06 | 9,93 | 8,3 | 7,48 | 3,57 | 3,7 | 12,45 | 7,4 | 6,9 | 7,02 |
| Sulfato (mg/l) | 3,4 | 1,5 | 13,45 | 9,6 | 4,61 | 1,4 | 1,17 | 7,69 | 2,4 | 2,9 | 1,95 |

En general la cuenca se encuentra representada en las estaciones de monitoreo DGA, ya que existen estaciones en la zona alta, media y baja de la cuenca, se propone la incorporación de la estación de monitoreo en el tramo D-1 ya que este tramo se ubica en la zona alta de la cuenca la cual podrá servir como estación control. Además sería conveniente que en revisiones futuras de la norma se incorporaran más estaciones de monitoreo, para poder generar información más exhaustiva sobre la calidad del agua de la cuenca y así poder generar una completa base de datos, de la cual poder contar para revisiones futuras de la norma.

Incorporación de índices biológicos

Los índices biológicos que se proponen ya han sido aplicados por expertos en cuenca de las mismas características biogeografías que la cuenca del río Itata.

Índices Bióticos.

El índice Biótico de Familias, el cual fue desarrollado para ríos de Sudáfrica y modificado para aguas de climas templados de Norteamérica ha sido uno de los más utilizados actualmente, este índice fue modificado por Figueroa *et al.* (2007), el cual realizó una adaptación para aguas chilenas, excluyendo las familias no presentes e incluyendo aquellas de distribución anfinótica o que son propias del Neotrópico, por ello se ha antepuesto "Ch". La utilización de ChIBF es útil por su probada sensibilidad y correlación con otras variables ambientales

$$\text{ChIBF} = \frac{1}{N} \sum n_i \cdot t_i$$

N = número total de individuos en la muestra (estación)

n_i = número de individuos en una familia

t_i = puntaje de tolerancia de cada familia.

El índice Biótico SIGNAL (Stream Invertebrates Grade Number-Average Level), fue modificado por Figueroa para aguas chilenas, excluyendo las familias no presentes e incluyendo aquellas de distribución anfinótica o que son propias del Neotrópico.

$$\text{Total valores de Tolerancia} / \text{Total de Familias registradas} = \text{ChSIGNAL}$$

Índices de hábitat fluvial

El IHF valora aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente. Entre ellos, la frecuencia de rápidos, la existencia de distintos regímenes de velocidad y profundidad, el grado de inclusión y

sedimentación en pozas, y la diversidad y representación de sustratos. También se evalúa la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad, que contribuyen a incrementar la diversidad de hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre ellos materiales de origen alóctono (hojas, madera) y de origen autóctono, como la presencia de diversos grupos morfológicos de productores primarios (Pardo *et al.* 2002)

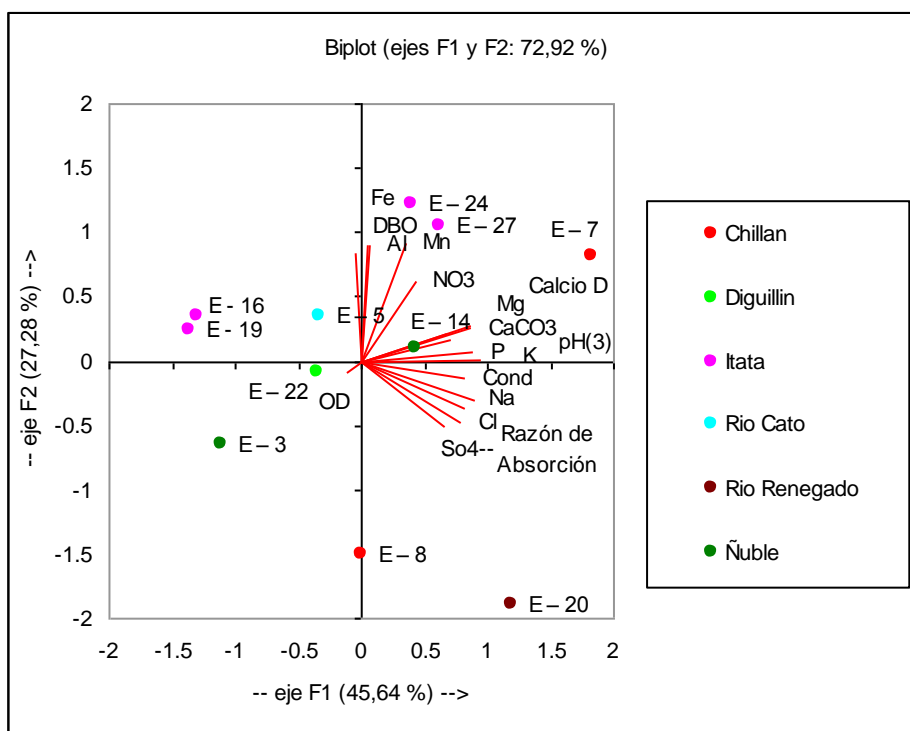


Figura 7. Análisis de Componentes Principales (ACP) para parámetros físico-químico de la cuenca del río Itata.

Índice de bosque de ribera.

El índice de bosque de ribera cuantifica la calidad ambiental de las riberas recogiendo a través de cuatro bloques los distintos componentes y atributos de las riberas:

- Cubierta vegetal.
- Estructura de la vegetación.
- Naturalidad y complejidad del bosque ribereño
- Grado de alteración del canal fluvial.

Los valores del índice se distribuyen en cinco rangos de calidad (>95: estado natural; 90-75: calidad buena; 70- 55: calidad aceptable; 30-50: calidad mala; < 25: calidad pésima). Múltiples estudios han mostrado que el uso del suelo ribereño también tiene un efecto sobre la hidrología,

geomorfología, química del agua y suministro de material alóctono. Cualquier cambio en la estructura de esta vegetación tiene consecuencias importantes para la comunidad biológica que se encuentra en los sistemas acuáticos, modificando la calidad de sus recursos, haciendo complejo independizar este factor de otras presiones antrópicas (Figueroa et al. 2007). En el siguiente esquema Figura 8, se propone el procedimiento a seguir en el plan de vigilancia de la NSCA de la cuenca del río Itata.

Con la incorporación del monitoreo biológico se busca introducir la bioindicación en la evaluación de calidad de agua, con el fin de proteger y conservar el componente ambiental del recurso hídrico, que es el objetivo propio de la norma.

El presente estudio permitiría concluir lo siguiente: 1) En el análisis espacial de la red de monitoreo DGA se pudo determinar que la cuenca del río Itata se encuentra representada por estaciones DGA en la zona alta, media y baja. En donde el origen del sustrato y los usos asociados a la cuenca condicionan los niveles de parámetros físico-químicos, como también los ambientes encontrados en los sistemas ribereños. 2) El uso de macroinvertebrados se presenta como una herramienta de gestión ambiental, que por su sencillez y rapidez de utilización, además del escaso nivel de conocimientos previos que requiere, así como por la fiabilidad de sus resultados los hace aptos para la vigilancia de las cuencas hidrográficas. 3) Los índices bióticos ChIBF y ChSIGNAL son los más adecuados para ser incorporados en el plan de vigilancia, ya que estos índices han sido aplicados en estudios científicos, en ríos presentes en la cuenca, dada la simplicidad en su estimación, debido al bajo nivel taxonómico y los buenos resultados obtenidos. 4) Al introducir la bioindicación en el plan de vigilancia, a través de los índices bióticos, hábitat fluvial y bosque de ribera se logrará una integración del componente biológico en la evaluación de la calidad del agua, logrando dar cuenta del estado ecológico del sistema fluvial, para poder proteger y conservar el componente ambiental del recurso hídrico, que es el principal objetivo de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental.

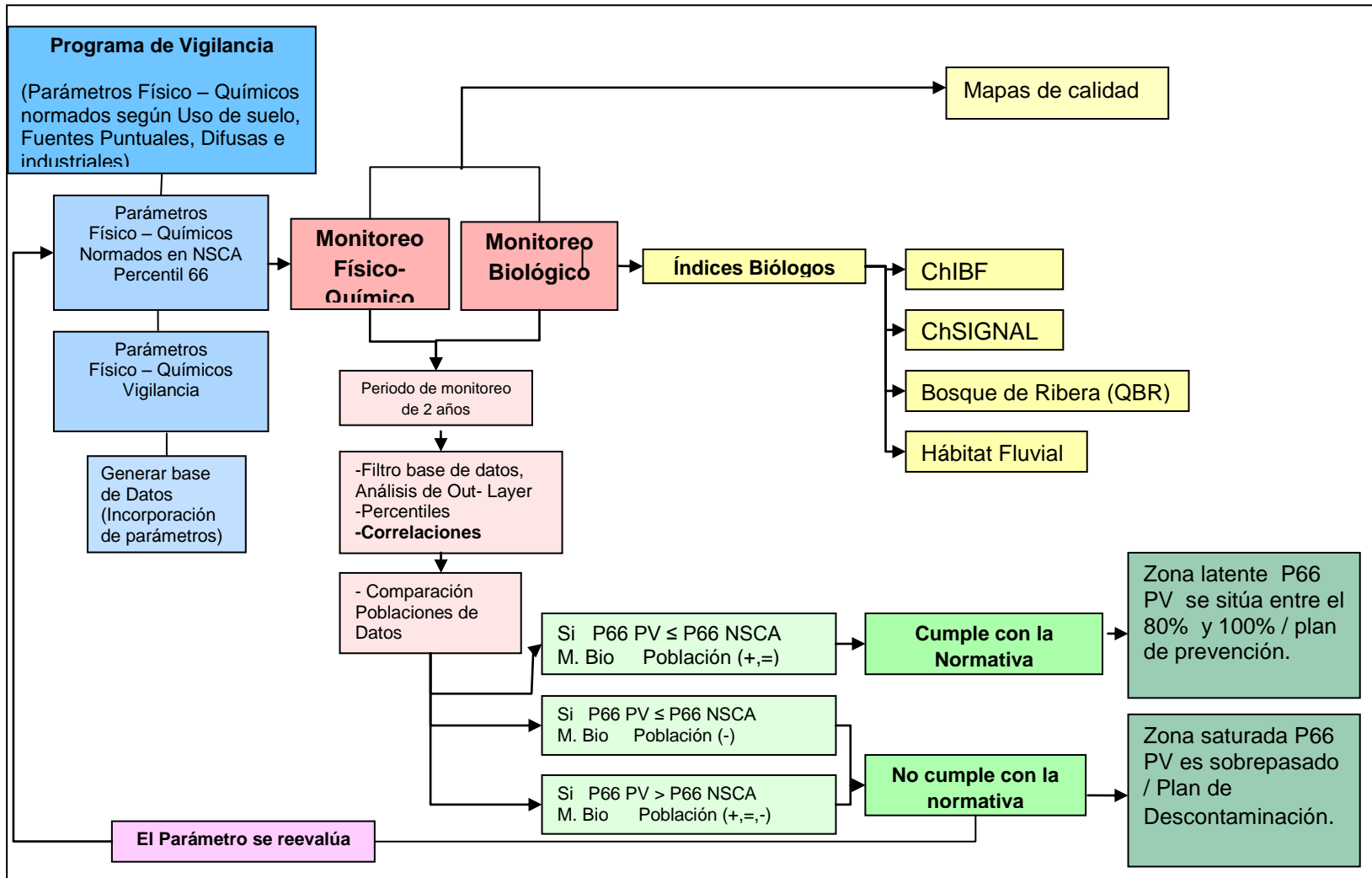


Figura 8. Esquema para la propuesta de procedimiento del plan de vigilancia de la NSCA Itata.

Referencias

- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Departamento de Biología Animal y Ecología. IV Simposio del agua en Andalucía, Almería (2):203-213.
- Alonso, A. & J.A. Camargo, 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. Asociación Española de Ecología Terrestre, Alicante, España Ecosistemas 14:87-99.
- Baron, J., N. Poff, P. Angermeier, C. Dahm, P. Gleick, N. Hairston, R. Jackson, C. Johnston, B. Richter & A. Steinman, 2003. Ecosistemas de Agua Dulce Sustentables. Sociedad Norteamericana de Ecología, 10: 18 pp
- DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA, 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Itata. CADE-IDEPE. 127 pp.
- Figueroa, R., A. Palma, V. Ruiz & X. Niell, 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. Revista Chilena de Historia Natural 80: 225-242.
- Ideam & Cormagdalena (2007) Nueva medición de la calidad de agua en los ríos magdalena y Cauca realizó el IDEAM, CORMAGDALENA & ONF Andina. Cooperación Internacional Francesa, Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial (FFEM). 23 pp.
- Toro, J., J. Schuster, J. Kurosawa, E. Araya, M. Contreras. 2003. Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores río Maipo (Santiago: Chile). Ed. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. 11 pp.
- UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN CENTRO EULA-CHILE (2009) "Estudio diagnóstico de la biodiversidad acuática y bases ecológicas y ambientales para la identificación de indicadores biológicos en la cuenca del río Itata". 65 pp
- UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN CENTRO EULA-CHILE (2008) "Elaboración Norma Secundaria de Calidad del agua, cuenca del río Itata". 140 pp.